



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

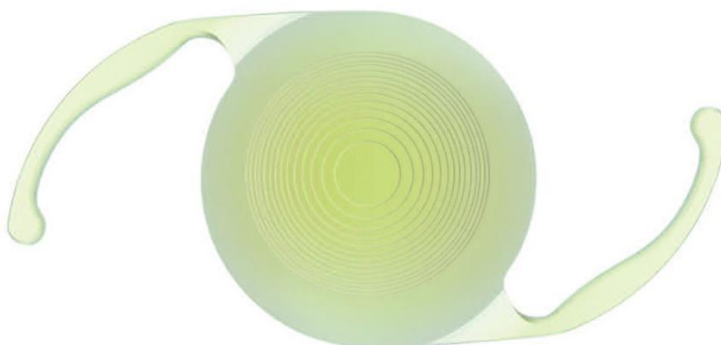
Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

TREBALL FINAL DE MÀSTER

AFECTACIÓN VISUAL DEL ASTIGMATISMO RESIDUAL TRAS LA IMPLANTACIÓN DE LENTES INTRAOCULARES TRIFOCALES



DAVID GUERRERO CARREÑO

**DIRECTOR/A: GENÍS CARDONA TORRADEFLOT
DEPARTAMENT: ÒPTICA Y OPTOMETRIA**

1 de Febrero de 2018



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

El Sr. GENÍS CARDONA TORRADEFLOT, com a tutor i director del treball,

CERTIFICA,

Que el Sr. DAVID GUERRERO CARREÑO ha realitzat sota la seva supervisió el treball "*Afectación visual del astigmatismo residual tras la implantación de lentes intraoculares trifocales*" que es recull en aquesta memòria per optar al títol de màster en Optometria i Ciències de la Visió.

I per a què consti, signo aquest certificat.

Sr. Genís Cardona Torradeflot
Director del TFM

Terrassa, 1 de Febrero de 2018



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

AFECTACIÓ VISUAL DE L'ASTIGMATISME RESIDUAL POSTERIOR A LA IMPLANTACIÓ DE LENTS INTRAOCULARS TRIFOCALS

RESUM

L'objectiu principal d'aquest estudi és determinar l'astigmatisme residual i l'afectació visual que aquest provoca sobre el pacient a través de l'anàlisi dels components cilíndrics, tant topogràfics com refractius, abans i després de la cirurgia de cataractes, quan s'implanta una lent intraocular trifocal d'última generació.

Per a la realització d'aquest estudi van ser mesurats els astigmatismes refractius i queratomètrics abans i després de la cirurgia en pacients amb astigmatismes topogràfics previs $\leq 1.00D$. La presa de mesures post operatòries es va realitzar al mes de la intervenció del segon ull.

La mostra d'aquest estudi va ser de 47 ulls de 28 pacients, als quals se'ls va implantar la lent trifocal PanOptix™. El valor promig d'astigmatisme residual postoperatori va ser $-0.42 \pm 0.28D$ i el valor promig de l'esfera de $+0.14 \pm 0.28D$. Després de la intervenció l'agudesia visual (AV) de lluny sense correcció va ser $0.05 \pm 0.06 \log MAR$ i amb correcció $0.00 \pm 0.03 \log MAR$.

L'error refractiu després de la intervenció va ser l'esperat, no es van produir canvis significatius en l'astigmatisme residual refractiu, indicant incisions anastigmàtiques durant la cirurgia i bon emplaçament capsular de la lent. Les AV postoperatòries sense correcció van confirmar una lleu afectació dels errors refractius residuals esfèric i astigmàtic sobre la capacitat visual dels pacients, sent els canvis no clínicament significatius.



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

AFECTACIÓN VISUAL DEL ASTIGMATISMO RESIDUAL TRAS LA IMPLANTACIÓN DE LENTES INTRAOCULARES TRIFOCALES

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio es determinar el astigmatismo residual y la afectación visual que este provoca sobre el paciente a través del análisis de los componentes cilíndricos, tanto topográficos como refractivos, antes y después de la cirugía de cataratas, cuando se implanta una lente intraocular trifocal de última generación.

Para la realización de este estudio fueron medidos los astigmatismos refractivos y queratométricos antes y después de la cirugía, en pacientes con astigmatismos topográficos previos $\leq 1.00D$. La toma de medidas post operatorias se realizó al mes de la intervención del segundo ojo.

La muestra de este estudio fue de 47 ojos de 28 pacientes a los que se les implantó la lente trifocal PanOptix™. El valor medio de astigmatismo residual postoperatorio fue $-0.42 \pm 0.28D$ y el valor medio de la esfera de $+0.14 \pm 0.28D$. Tras la intervención la agudeza visual (AV) de lejos sin corrección fue 0.05 ± 0.06 logMAR y con corrección 0.00 ± 0.03 logMAR.

El error refractivo tras la intervención fue el esperado, no se produjeron cambios significativos en el astigmatismo residual refractivo, indicando incisiones anastigmáticas durante la cirugía y buen emplazamiento capsular de la lente. Las AV postoperatorias sin corrección confirmaron una leve afectación de los errores refractivos residuales esférico y astigmático sobre la capacidad visual de los pacientes, siendo los cambios no clínicamente significativos.



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

VISUAL IMPACT OF RESIDUAL ASTIGMATISM FOLLOWING IMPLANTATION OF TRIFOCAL INTRAOCULAR LENSES

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the residual astigmatism and the corresponding visual impact on the patient through analysis of the cylindrical component, both topographic and refractive, before and after cataract surgery, following implantation of a trifocal intraocular lens of the latest generation.

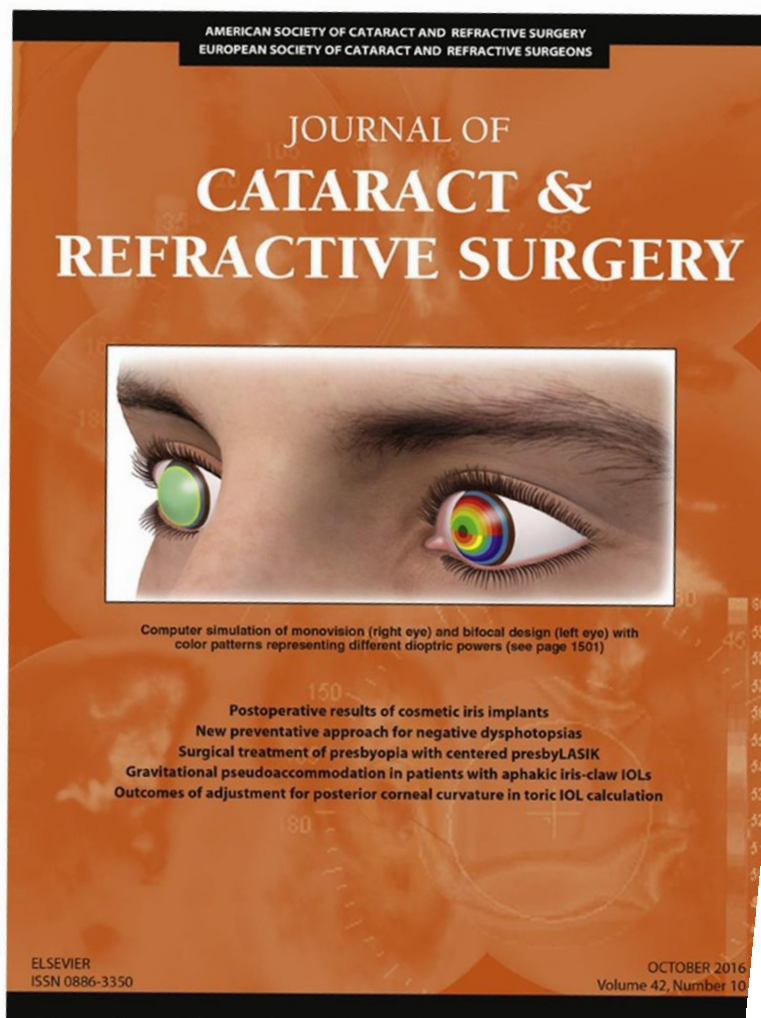
To perform this study, refractive and keratometric astigmatisms were measured before and after surgery in patients with previous topographic astigmatism $\leq 1.00D$. The post-operative measurements were taken one month after the intervention of the second eye.

The study sample of this study included 47 eyes of 28 patients who were implanted with the PanOptix™ trifocal lens. The average value of postoperative residual astigmatism was $-0.42 \pm 0.28D$ and the average value of the sphere was $+ 0.14 \pm 0.28D$. Non-corrected distance visual acuity (VA) after surgery was 0.05 ± 0.06 logMAR and with correction 0.00 ± 0.03 logMAR.

The refractive error after the intervention was as expected, and there were no significant changes in residual refractive astigmatism, indicating anastigmatic incisions during surgery and good capsular lens placement. The post-operative AV without correction confirmed a slight impact of the spherical and astigmatic residual refractive errors on the visual capacity of the patients, although changes were not clinically significant.

Este trabajo está presentado en formato artículo, de acuerdo con las instrucciones descritas para los autores en la revista ***Journal of Cataract & Refractive Surgery***

<https://www.elsevier.com/journals/journal-of-cataract-and-refractive-surgery/0886-3350/guide-for-authors>



AFECTACIÓN VISUAL DEL ASTIGMATISMO RESIDUAL TRAS LA IMPLANTACIÓN DE LENTES INTRAOCULARES TRIFOCALES

PROPÓSITO: Determinar el astigmatismo residual y la afectación visual sobre el paciente a través del análisis del componente cilíndrico topográfico y refractivo antes y después de la cirugía de cataratas con lente multifocal trifocal (LIOM).

DISEÑO: Estudio longitudinal observacional, con componentes retrospectivos y prospectivos.

MÉTODO: Los astigmatismos refractivos y queratométricos fueron medidos (mediante topógrafo Atlas y biómetro iol Master) antes y después de la cirugía bilateral de cataratas con implante de lente multifocal trifocal PanOptix™, en pacientes con astigmatismos topográficos previos $\leq 1.00D$. El recopilatorio de datos post quirúrgicos se realizó tras 1 mes de la intervención del segundo ojo. Las mediciones refractivas fueron referenciadas al plano corneal y tanto los astigmatismos refractivos como topográficos fueron convertidos a su notación vectorial (J0, J45) para su análisis estadístico.

RESULTADOS: La muestra de este estudio fue de 47 ojos de 28 pacientes, de los cuales el 74.5% eran mujeres y el 25.5% hombres, con una edad comprendida entre 46 y 76 años (promedio de 64.8 ± 7.1 años). El valor medio del astigmatismo residual postoperatorio fue $-0.42 \pm 0.28D$ y el valor medio de la esfera de $+0.14 \pm 0.28D$. Tras la intervención la agudeza visual (AV) de lejos sin corrección fue 0.05 ± 0.06 logMAR y con corrección 0.00 ± 0.03 logMAR. El análisis estadístico de las diferencias pre-postoperatorias en los astigmatismos queratométricos obtenidos con el topógrafo Atlas y el biómetro iol Master en formato vectorial (J0, J45) no resultaron estadísticamente significativos, mientras que la comparativa de las coordenadas vectoriales refractivas postoperatorias en plano corneal y las queratométricas revelaron una diferencia estadísticamente significativa en ambos instrumentos en su componente J0 ($p < 0.001$). Estas diferencias, sin embargo, no se pueden considerar clínicamente relevantes.

CONCLUSIONES: El astigmatismo residual obtenido tras la implantación de lentes intraoculares trifocales PanOptix™ fue el esperado tras la intervención. Las incisiones practicadas durante la intervención fueron anastigmáticas y tras la implantación de la LIOM no se produjeron cambios significativos en el astigmatismo residual refractivo, indicando una buena estabilidad de la lente en su emplazamiento capsular. Las AV postoperatorias registradas sin corrección en visión lejana y próxima confirmaron una leve afectación de los errores refractivos residuales esférico y astigmático sobre la capacidad visual de los pacientes.

Palabras clave: Astigmatismo residual, lente trifocal, queratometría, topografía, biometría.

INTRODUCCIÓN

El objetivo último de las lentes intraoculares (LIOs) es la recuperación de la calidad visual después de la intervención de las cataratas y proporcionar una independencia de la corrección óptica, por lo menos en visión lejana en el caso de lentes monofocales, o en todas las distancias con la adaptación de lentes intraoculares multifocales (LIOMs). La cirugía de cataratas ha progresado hasta convertirse en una cirugía segura y con grandes beneficios en la calidad visual de los pacientes¹. En los últimos años los avances en las técnicas quirúrgicas también se han conducido a desarrollar micro incisiones sin necesidad de suturas que provoquen la aparición de astigmatismos no deseados, aunque estos puedan ser sólo temporales. Según un estudio de Caglar y colaboradores², se considera que la refracción post intervención se mantiene estable transcurrida una semana desde la cirugía, no observándose cambios destacables entre la medición a la semana o al mes tras la intervención.

Actualmente la exigencia de los pacientes para prescindir totalmente del uso de gafas, no sólo en visión lejana, sino también en visión próxima e intermedia, ha hecho que el sector desarrolle nuevas generaciones de lentes intraoculares. Entre ellas encontramos las lentes multifocales bifocales, lentes multifocales de foco extendido y las lentes multifocales trifocales, con y sin toricidad. Las lentes multifocales pueden ser refractivas y difractivas: las primeras tienen áreas para visión lejana y otras para visión próxima, mientras que las segundas dividen la luz en varios focos aprovechando la difracción de la luz en escalones diseñados en su superficie. Estas últimas pueden ser apodizadas y no apodizadas. La apodización consiste en reducir la anchura y altura de los escalones difractivos desde el centro a la periferia, de esta manera se consigue redirigir la energía lumínica a los diferentes focos, normalmente favoreciendo el foco de lejos en pupilas grandes. En la actualidad algunas de las lentes trifocales que podemos encontrar en el mercado son la lente Finevision (PhysIOL), AT LISA Tri (Zeiss) y PanOptix (Alcon)^{3,4,5}. Estas lentes se basan en estrategias distintas para conseguir la trifocalidad. Así, por ejemplo, la lente AT LISA Tri tiene un diseño que combina una zona central trifocal difractiva con una zona externa bifocal, la lente Finevision presenta un diseño trifocal difractivo apodizado, mientras que la lente PanOptix combina un diseño difractivo no apodizado en la zona central con una zona más externa refractiva.

Cuando tenemos presente un astigmatismo de cierto valor ($>1.00D$), corregirlo mediante lente con toricidad es, según algunos estudios^{6,7,8}, muy aconsejable para obtener una mejor agudeza

visual, disminución de astigmatismo residual e independencia de corrección óptica. Pero también hay que tener en cuenta que la implantación de este tipo de lentes no está exenta de ciertas dificultades, como su inserción en una orientación determinada o la posible rotación de la lente una vez implantada, ocasionando aberraciones de coma, falta de definición, baja sensibilidad al contraste y la posible aparición de nuevos astigmatismos^{9,10}. Por otra parte, según un estudio de Ferrer-Blasco et al¹¹, el 64% del astigmatismo corneal previo a la cirugía de cataratas se encuentra entre valores de 0.25D y 1.25D, siendo el astigmatismo medio $0.90D \pm 0.93$. Es por ello que cuando nos encontramos con astigmatismos $\leq 1.00D$ la primera opción suele ser implantar una lente intraocular sin toricidad, ya que un astigmatismo fisiológico de hasta 1.00D puede ser útil para aumentar la profundidad de foco. Igualmente se puede considerar una medida fisiológica para reducir la presbicia no corregida según Abdelghany et al¹². Por otra parte, se suelen aprovechar las incisiones que se realizan durante la intervención de cataratas sobre el meridiano curvo, para reducir el astigmatismo¹³.

La problemática aparece cuando el astigmatismo residual resultante tras la intervención de cataratas no es el astigmatismo esperado y este hecho provoca la deficiente adaptación visual del paciente a este nuevo astigmatismo, ya sea por el aumento en cantidad del mismo o por su nueva orientación respecto a su eje original. Según el trabajo de Abdelghany et al¹², este astigmatismo residual inesperado puede ser debido a las incisiones de la cirugía, a la imposibilidad de ser calculado con exactitud por la presencia de una catarata o a limitaciones en las propias fórmulas de cálculo, sobretodo en ametropías extremas. Otros autores, como Vinas et al¹⁴, llegan a la conclusión de que la degradación de la agudeza visual es más pronunciada en pacientes con ametropías esféricas que en pacientes astigmáticos corregidos o sin corregir. En pacientes no astigmáticos, el astigmatismo mejor tolerado es aquel inducido a favor de regla, mientras que para pacientes astigmáticos, el astigmatismo inducido en su eje natural previo es el mejor aceptado.

En este estudio hemos querido valorar la afectación del astigmatismo residual en la implantación de lentes intraoculares multifocales trifocales PanOptix™. Nos referimos a esta lente en particular por ser una lente trifocal de última generación de la que distintos estudios^{3,15,16,17,18} concluyen que tras su implantación presenta unas buenas agudezas visuales en visión lejana, intermedia y próxima, su función visual es similar en diferentes condiciones lumínicas, su diseño tiene poca afectación sobre la sensibilidad al contraste y presenta poca incidencia de destellos y halos. Estas características le confieren a esta lente unos buenos

resultados visuales y una buena valoración por parte de los pacientes. Todos estos motivos la convierten en una buena elección para determinar la afectación del astigmatismo residual en esta clase de lentes trifocales.

MÉTODOS

Selección de la muestra

La muestra de este estudio incluyó 47 ojos de 28 pacientes, con edades comprendidas entre 47-76 años, escogidos aleatoriamente de una muestra mayor de 93 pacientes (186 ojos), intervenidos de facoemulsificación con implante de lente intraocular trifocal bilateral. Todos los pacientes acudieron al centro oftalmológico Oftalmoplus (Barcelona) entre los meses de enero y noviembre de 2017.

El único criterio de inclusión fue la implantación bilateral y simétrica de lentes trifocales. Por su parte, como criterios de exclusión se consideraron pacientes con astigmatismos queratométricos (corneales) $>1.00D$ y pacientes con patologías significativas o alteraciones en el segmento anterior o posterior del ojo que pudiesen influir en la refracción y en la calidad visual. También fueron excluidos aquellos pacientes con historial previo de cirugías oculares tales como LASIK, LASEK o PRK, aquéllos con una implantación previa de lentes intraoculares, y los sometidos a cirugía por pterigium o vitrectomías. Finalmente, tampoco se reclutaron para el estudio los pacientes a los que, durante la cirugía de cataratas, se realizara una cirugía combinada o una sutura corneal, o los que desarrollaran un proceso inflamatorio que quedase fuera de los límites normales de curación del post operatorio.

Todos los pacientes fueron informados sobre los riesgos de la intervención, así como de las posibles ventajas e inconvenientes, firmando un consentimiento informado antes de la operación, según los principios de la declaración de Helsinki.

Lente intraocular implantada

La lente Acrysof IQ PanOptix™ (Alcon® Surgical, Inc.) (**Figura 1**) es una LIOM trifocal de material hidrófobo de cara posterior esférica y anterior asférica, no apodizada, que incluye un filtro para la protección de la retina, filtrando la radiación azul y UV^{19,20,21,22}. Sus principales características se resumen en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Características de la lente Acrysof IQ PanOptix™	
Propiedades	Acrysof IQ PanOptix
Material	Acrílico hidrofóbico
Color	Amarillo
Tecnología	Trifocal
Tipo de óptica	No apodizada
Zona difractiva central (mm)	4.5
Diámetro de la óptica (mm)	6
Rango de potencias (D)	13-34
Potencia adición cerca (D)	+3.25
Potencia adición intermedia (D)	+2.17
Asfericidad (μm)	-0.10*
*(para diámetro pupilar de 3mm)	



Figura 1. Imagen lente PanOptix™

Esta lente proporciona múltiples focos: para ello, la cara anterior asférica tiene una zona óptica de 6.0 mm (**Figura 2**), compuesta por una gran área central difractiva de 4.5 mm y un reborde exterior refractivo. La zona difractiva distribuye la luz entrante para crear una adición de +2.17D para visión intermedia y otra de +3.25D par visión próxima (ambas adiciones están referidas al plano de la lente). La luz se distribuye en un 25% para el foco de cerca, un 25% para el foco de visión intermedia y el 50% restante para el foco de visión lejana (considerando una pupila de 3mm de diámetro), proporcionando 3 puntos focales: 40 cm, 60 cm y visión lejana. Otras lentes trifocales proporcionan el foco intermedio a 80 cm^{23,24}, pero dado que la mayoría de actividades cotidianas se dan en una distancia entre 60 y 70 cm, la lente PanOptix™ pretende conseguir independencia de gafas en este rango de distancias.

El material Acrisoft® con el que está fabricada la PanOptix™ proporciona una buena biocompatibilidad y estabilidad, según experiencia obtenida a largo plazo con la lente Acrisoft® IQ ReSTOR^{25,26}.

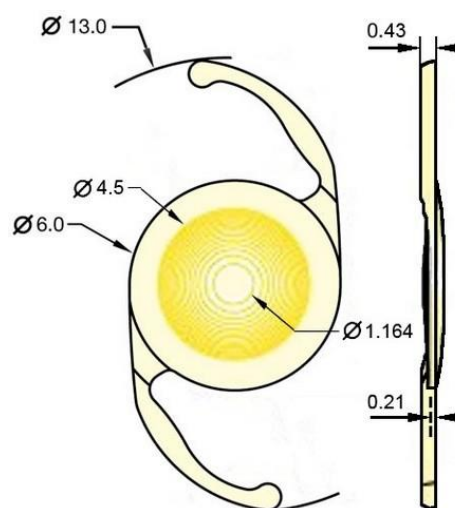


Figura 2: Diseño lente PanOptix

Técnica quirúrgica

Todos los ojos fueron operados por un mismo cirujano, experimentado en este tipo de intervenciones, en el Instituto Oftalmológico de Cirugía Avanzada de Barcelona (IOCAB), centro asociado a la clínica Oftalmoplus. La facoemulsificación se realizó en todos los ojos a través de incisiones de córnea clara de 2.2 mm realizadas en el meridiano horizontal zona temporal en ojos derechos y en zona nasal en ojos izquierdos. Para ello se empleó el cuchillito ClearCut® HP2 Slit Knife intrepid® DB 2.2 (Alcon® Surgical, Inc.). A continuación se efectuó una capsulorexis de 5 mm de diámetro, con implantación de las lentes en el saco capsular²⁷. Destacamos que la incisión practicada en quirófano en todos los casos fue anastigmática,

mediante técnica de micro incisión (2.2 mm), con la finalidad de no modificar los astigmatismos existentes o inducir más²⁸.

Las LIOMs AcrySoft® IQ PanOptix™ fueron implantadas según las indicaciones del fabricante, mediante inyector desechable INTREPID® AutoSert® IOL injector Handpiece y MONARCH® III “D” Cartridge (Alcon® Surgical, Inc.).

El tratamiento farmacológico postoperatorio incluyó un antiinflamatorio no esteroideo con actividad analgésica (Acular® colirio en solución 5mg/ml) y un antibiótico moxifloxacino (Vigamox® colirio en solución 5mg/ml) durante las dos primeras semanas. A la tercera y cuarta semana sólo se administró el colirio Acular®.

Procedimiento

Todos los pacientes fueron evaluados previamente a la cirugía por el mismo cirujano. En esta sesión se les realizó un examen optométrico y oftalmológico completo, incluyendo la medida de la agudeza visual (AV), tonometría de aplanamiento (Goldmann), exploración con lámpara de hendidura y examen de fondo de ojo mediante oftalmoscopio indirecto HEINE omega 180 y lente 2.2 VOLK con filtro amarillo, y/o oftalmoscopia indirecta a través de lámpara de hendidura con lente VOLK super 66 stereo fundus y lente Panfundoscopica para retina periférica extrema.

Aparte de estas pruebas clínicas, se realizaron otros exámenes específicos en otra visita no consecutiva. Estos consistieron en la toma de la AV obtenida en condiciones fotópicas y con la mejor refracción, partiendo de los valores obtenidos con retinoscopia (retinoscopio profesional Keeler), refracción objetiva mediante autorefractómetro (ARK-1s AUTO REF/KERATOMETER, NIDEK), y posterior subjetivo con gafa de prueba, lentes de la caja de prueba y cilindro cruzado +/-0.25D. Se realizó topografía corneal (Topógrafo Atlas 9000, Carl Zeiss Meditec), biometría (iol Master modelo 1322-734, Carl Zeiss Meditec) y contaje endotelial (Specular Microscope SCO modelo SP02, Oftaltech).

Durante la medida de la topografía, se tuvo en cuenta el estado de la película lagrimal, instilando lágrimas artificiales en aquellos casos en los que resultaba indicado para obtener topografías más fiables. De este examen se anotaron la queratometría simulada y astigmatismo corneal del paciente. Debe mencionarse que el biómetro también proporciona la queratometría simulada y astigmatismo corneal, además del cálculo de la potencia de la lente intraocular. Para este cálculo se tuvo en cuenta la longitud axial (LA) del ojo, utilizándose la fórmula SRK/T para LA entre 22-25 mm, inclusivos, y la fórmula Haigis para LA < 22 mm y LA > 25 mm. El objetivo refractivo deseado fue la emetropía, seleccionando en todo caso la potencia de la lente que nos proporcionara un resultado refractivo miópico más cercano a cero.

La cirugía es programada en primer lugar para el ojo con peor AV. El otro ojo es sometido a cirugía aproximadamente 7 días tras la operación del primero. Todos los pacientes se sometieron al protocolo post operatorio establecido por la clínica oftalmológica Oftalmoplus, con seguimiento un día después de la intervención, y a los 3, 15 y 30 días.

Al mes de la intervención del segundo ojo se realiza una visita post operatoria, donde se vuelve a registrar la AVsc monocular en visión de lejos (VL) y binocular en visión próxima (VP), se obtiene la refracción ocular y se registra la AV con la mejor corrección de lejos (AVcc) monocular en VL y binocular en VP. Finalmente, se vuelve a efectuar la topografía, la biometría, la medida de la tensión ocular por aire (tonómetro de no contacto modelo NT-510, NIDEK) y el control de la salud ocular. Son los datos recogidos en esta visita los que se utilizan para ser comparados con los datos preoperatorios, según el objetivo de este estudio. Así, se compara el astigmatismo refractivo pre y post operatorio, astigmatismo queratométrico biométrico pre y post quirúrgico y astigmatismo queratométrico topográfico pre y post quirúrgico. También se comparan los datos queratométricos proporcionados por el topógrafo y aquéllos obtenidos con el biómetro, y los astigmatismos queratométricos y refractivos post quirúrgicos, ambos transformados en sus componentes vectoriales.

Se utilizó el mismo gabinete optométrico con las mismas condiciones lumínicas en la totalidad de las medidas pre y post operatorias, siendo el mismo optometrista experimentado quien realizó todas las pruebas.

Análisis de datos

La refracción fue expresada en fórmula esferocilíndrica. Esta puede ser escrita en formato de cilindro positivo, cilindro negativo o en notación de cilindros cruzados. En este estudio se pretende comparar el astigmatismo del paciente un mes tras la implantación de la LIOM con el correspondiente valor pre operatorio. Para ello nos referiremos al astigmatismo en el plano corneal, ya que es en este plano dónde operan las queratometrías tanto del topógrafo como del biómetro. Es factible pasar una refracción realizada en el plano de gafas al plano corneal mediante una sencilla formulación²⁹, facilitando así la comparación de los astigmatismos corneales con los refractivos.

Así, en primer lugar pasamos la fórmula esferocilíndrica a notación de cilindros cruzados³⁰, ya que esta representa la potencia real en cualquiera de los meridianos, mientras que la notación en cilindro positivo o negativo representa una diferencia entre ellos. El segundo paso sería pasar la potencia de cada meridiano del plano de gafas al plano corneal mediante la siguiente formulación:

$$REF_c = \frac{1000 \cdot REF_s}{1000 - REF_s \cdot Vertex(mm)}$$

Siendo REF_c la refracción a plano de córnea, REF_s la refracción a plano de gafas y Vertex la distancia de vértice, que fue homogeneizada en todos los pacientes a 12 mm, ya que todas las refracciones se hicieron en gafa de prueba.

Una vez que tenemos cada potencia en el plano corneal, volvemos a expresar la fórmula esferocilíndrica en formato con cilindro negativo. A continuación, para facilitar el análisis estadístico con estos datos, se procede a su conversión a notación vectorial, ya que los vectores son expresiones matemáticas que combinan valores de magnitud y dirección, siendo el astigmatismo una combinación de magnitud en dioptrías y eje, ajustándose a esta

descripción. Para hacer esta conversión a coordenadas vectoriales utilizamos el método Thibos³¹, en el cual, a partir de la formula esferocilíndrica con cilindro negativo, obtenemos mediante formulación tres componentes: M, J0 y J45

$$M = S + C/2$$

$$J0 = (-C/2) \cdot \cos(2\alpha)$$

$$J45 = (-C/2) \cdot \sin(2\alpha)$$

En este caso la coordenada M representa el equivalente esférico, mientras los otros dos componentes, que determinan el error cilíndrico, son dos cilindros cruzados de Jackson con potencia (J0) y ejes a 180° – 90° y potencia (J45) con ejes oblicuos a 45° - 135°. Valores positivos de J0 se corresponde con astigmatismos a favor de la regla, mientras que valores negativos reflejan astigmatismos contra la regla³². Respecto a los ejes oblicuos, valores positivos en J45 se corresponden con ejes a 135° y valores negativos con ejes a 50°.

Por lo que se refiere a los datos de AVsc o AVcc, monocular o binocular, en VL o VP, para el análisis estadístico se convirtieron de notación decimal al logaritmo del mínimo ángulo de resolución (logMAR). Se considera una diferencia clínicamente significativa de valores de AV aquella superior a 0.05 logMAR, correspondiente a más de la mitad de una línea de optotipo.

Una vez revisada y confirmada la normalidad de los datos con el test de Kolmogorov-Smirnov, se presenta la estadística descriptiva en forma de promedio \pm desviación estándar (SD). Para comparar los datos pre y post operatorios se empleó el test de la t-Student de grupos pareados (al comparar cada paciente consigo mismo). En todos los casos se consideró una $p < 0.05$ como punto de corte de significación estadística. Para la realización del análisis estadístico se empleó el programa IBM SPSS v.21 para Windows (IBM Spain, Madrid).

RESULTADOS

La muestra definitiva de este estudio fueron 47 ojos de 28 pacientes, con edades comprendidas entre los 46 y 76 años. En la **Tabla 2** se proporciona un resumen de los datos demográficos y de longitud axial (LA) preoperatoria de la muestra. Todos los valores se presentan con el promedio, la desviación estándar y rango.

Tabla 2. Datos demográficos de la muestra			
	Promedio	SD	Rango
Edad (años)	64.8	± 7.1	46 - 76
Sexo (%)	Mujeres 74.5% Hombres 25.5%		
LA preop (mm)	23.47	± 1.29	21.42 a 27.40
SD= desviación estándar; LA=longitud axial			

En la **Tabla 3**, se presentan y comparan los datos refractivos pre y postoperatorios en el plano corneal. La estadística descriptiva se plasma en los valores del promedio, desviación estándar, rango y la inferencial mediante los resultados de la prueba t-Student para datos pareados, t y significación estadística, p. En la misma tabla se presentan los componentes vectoriales M, J0 y J45 pre y postoperatorios. No se obtienen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de antes y después de la intervención. Por su parte, el valor medio del astigmatismo refractivo postoperatorio fue $-0.42 \pm 0.27D$, prácticamente el mismo valor que el astigmatismo preoperatorio, de $-0.42 \pm 0.33D$.

Tabla 3. Comparación datos refractivos en el plano corneal preoperatorios y postoperatorios.						
		Promedio	SD	Rango	t	p
Esfera (D)	Preop	+0.66	±2.15	-5.81 a +5.04	1.69	0.097
	Postop	+0.14	±0.29	-0.50 a +0.76		
Cilindro (D)	Preop	-0.42	±0.33	-1.06 a 0.00	0.063	0.95
	Postop	-0.42	±0.27	-1.23 a 0.00		
M (D)	Preop	+0.45	±2.17	-6.24 a +4.76	1.7	0.096
	Postop	-0.06	±0.29	-0.74 a +0.63		
J0 (D)	Preop	-0.11	±0.20	-0.53 a +0.47	0.041	0.967
	Postop	-0.11	±0.15	-0.62 a +0.17		
J45 (D)	Preop	+0.10	±0.13	-0.32 a +0.51	0.21	0.835
	Postop	+0.00	±0.16	-0.47 a +0.44		
SD= desviación estándar; D= dioptrías						

La **Tabla 4** muestra las agudezas visuales (AV) postoperatorias en formato promedio, desviación estándar y rango, junto con la LA postoperatoria de la muestra. La AV sin corrección en visión lejana fue 0.05 ± 0.06 LogMAR, mientras que con la mejor corrección este valor alcanzó la unidad decimal, o 0.00 ± 0.03 logMAR.

Tabla 4. Agudezas visuales (AV) postoperatorias			
	Promedio	SD	Rango
AV _{VLCC} postop*	0.00	± 0.03	0.80 a 0.10
AV _{VPCC} postop*†	0.09	± 0.04	0.00 a 0.20
AV _{VLSC} postop*	0.05	± 0.06	-0.08 a 0.22
AV _{VPSC} postop*†	0.11	± 0.06	0.00 a 0.30
LA postop (mm)	23.38	± 1.30	21.36 a 27.32
SD= desviación estándar; AV _{VLCC} = AV en visión lejana con corrección; AV _{VPCC} = AV en visión próxima con corrección; AV _{VLSC} = AV en visión lejana sin corrección; AV _{VPSC} = AV en visión próxima sin corrección.			
*Notación LogMAR			
† Datos binoculares			

Aunque no forma parte del objetivo principal del presente estudio, se consideró interesante valorar la posible intercambiabilidad de los datos (preoperatorios o postoperatorios) de cilindro corneal obtenidos con el iol Master y el topógrafo Atlas. Para ello se comparan ambos instrumentos meridiano a meridiano, así como en el valor de astigmatismo corneal total. En la **Tabla 5** se muestran los datos queratométricos preoperatorios, consistentes en los datos recogidos por el biómetro y topógrafo, en promedio, desviación estándar, rango, así como los correspondientes valores de *t* y *p* del análisis estadístico inferencial con la *t*-Student pareada. Comparando las queratometrías de ambos instrumentos se observa que hay una diferencia estadísticamente significativa entre el iol Master y el topógrafo para las queratometrías planas (Kf), $p=0.005$ y curvas (Ks), $p<0.001$. También encontramos estas diferencias en los astigmatismos corneales preoperatorios ($p=0.001$), aunque observando los valores promedio de los datos podemos concluir que estas diferencias no son clínicamente significativas.

	Promedio	SD	Rango	t	p
Kf iol preop (D)	43.18	±1.50	40.37 a 46.87	2.96	0.005
Kf Top preop (D)	43.04	±1.52	40.23 a 46.11		
Ks iol preop (D)	43.80	±1.53	41.01 a 47.07	5.81	<0.001
Ks Top preop (D)	43.52	±1.47	40.71 a 46.60		
Astg iol preop (D)	-0.63	±0.24	-1.00 a -0.17	3.42	0.001
Astg Top preop (D)	-0.51	±0.25	-0.98 a -0.02		
SD= desviación estándar; D= dioptrías; Kf= K plana; Ks= K curva					

De forma similar, en la **Tabla 6** se muestran los datos queratométricos postoperatorios, recogidos por el biómetro iol Master y topógrafo Atlas, en promedio, desviación estándar, rango, y los valores de *t* y *p*. En esta ocasión obtenemos una diferencia significativamente estadística cuando comparamos las queratometrías curvas (Ks) entre ambos instrumentos ($p<0.001$), que no se repite en el caso de los meridianos planos (Kf) ni del astigmatismo corneal. De nuevo se puede observar que la diferencia real no es clínicamente significativa.

	Promedio	SD	Rango	t	p
Kf iol postop (D)	43.25	±1.51	40.81 a 46.75	1.86	0.69
Kf Top postop (D)	43.12	±1.41	40.51 a 46.04		
Ks iol postop (D)	43.78	±1.53	41.06 a 47.20	6.18	<0.001
Ks Top postop (D)	43.57	±1.47	40.92 a 46.61		
Astg iol postop (D)	-0.53	±0.29	-1.43 a -0.17	-0.598	0.553
Astg Top postop (D)	-0.51	±0.28	-1.32 a -0.06		
SD= desviación estándar; D=dioptrías; Kf= K plana; Ks= K curva					

Con el objetivo de determinar la posible variación del astigmatismo corneal como consecuencia de la intervención de cataratas y posterior implantación de lente intraocular, se comparan los datos queratométricos pre y postoperatorios. Estos resultados se presentan en la **Tabla 7** en formato de promedio, desviación estándar y rango, además de los correspondientes valores t y p. Las queratometrías planas (Kf) del iol Master muestran una diferencia estadísticamente significativa entre los valores pre y postoperatorios ($p=0.027$), lo que conduce también a diferencias estadísticas en el astigmatismo que proporciona este instrumento ($p=0.014$), aunque estas diferencias no son clínicamente significativas tomando en consideración los valores promedio. En el análisis de los datos pre y postoperatorios que suministra el topógrafo Atlas no se obtienen diferencias estadísticamente significativas.

En la misma tabla se presentan los componentes vectoriales J0 y J45 pre y postoperatorios obtenidos con ambos instrumentos. En este caso, no se aprecian diferencias estadísticamente significativas, si bien en el componente J45, obtenido a partir de los valores del iol Master y del topógrafo Atlas, se observa una aproximación a la significación estadística, con valores de p cercanos al 0.05.

Tabla 7. Comparación datos queratométricos pre-postoperatorios						
		Promedio	SD	Rango	t	p
Kf iol (D)	Preop	43.18	±1.50	40.37 a 46.87	-2.279	0.027
	Postop	43.25	±1.51	40.81 a 46.75		
Ks iol (D)	Preop	43.80	±1.53	41.01 a 47.07	0.484	0.63
	Postop	43.78	±1.53	41.06 a 47.20		
Astg iol (D)	Preop	-0.63	±0.24	-1.00 a -0.17	-2.541	0.014
	Postop	-0.53	±0.29	-1.43 a -0.17		
J0 iol (D)	Preop	0.13	±0.26	-0.41 a +0.48	-0.292	0.771
	Postop	0.14	±0.19	-0.36 a +0.52		
J45 iol (D)	Preop	0.01	±0.16	-0.34 a +0.33	1.943	0.058
	Postop	-0.02	±0.19	-0.58 a +0.29		
Kf Top (D)	Preop	43.04	±1.52	40.23 a 46.11	-0.903	0.371
	Postop	43.12	±1.41	40.51 a 46.04		
Ks Top (D)	Preop	43.52	±1.47	40.71 a 46.60	-0.921	0.362
	Postop	43.57	±1.47	40.92 a 46.61		
Astg Top (D)	Preop	-0.51	±0.25	-0.98 a -0.02	0.059	0.953
	Postop	-0.51	±0.28	-1.32 a -0.06		
J0 Top (D)	Preop	0.08	±0.24	-0.47 a +0.46	-1.011	0.317
	Postop	0.10	±0.19	-0.55 a +0.47		
J45 Top (D)	Preop	0.01	±0.13	-0.36 a +0.35	1.978	0.054
	Postop	-0.01	±0.19	-0.65 a +0.34		
SD= desviación estándar; D= dioptrías; Kf= K plana; Ks= K curva						

Finalmente para valorar si hay diferencias entre el componente cilíndrico topográfico y refractivo que puedan asociarse a la presencia de algún astigmatismo residual no esperado o con orientación distinta a la original, que nos ocasione una disminución de agudeza visual, comparamos, en la **Tabla 8**, los astigmatismos postoperatorios queratométricos con los refractivos, en sus componentes vectoriales cilíndricas J0 y J45. El análisis estadístico inferencial nos revela una diferencia estadísticamente significativa (<0.001) en el valor J0 de ambos instrumentos al compararlos con la J0 refractiva, aunque de nuevo clínicamente estas diferencias no son relevantes.

Tabla 8. Comparativo entre valores vectoriales refractivos y topográficos postoperatorios.					
	Promedio	SD	Rango	t	p
J0 Iol post (D)	0.14	±0.19	-0.36 a +0.52	8.873	<0.001
J0 Rx post (D)	-0.11	±0.15	-0.62 a +0.17		
J45 Iol post (D)	-0.02	±0.19	-0.58 a +0.29	-1.352	0.183
J45 Rx post (D)	0.00	±0.16	-0.47 a +0.44		
J0 Top post (D)	0.10	±0.19	-0.55 a +0.47	10.454	<0.001
J0 Rx post (D)	-0.11	±0.15	-0.62 a +0.17		
J45 Top post (D)	-0.19	±0.19	-0.65 a +0.34	-1.688	0.098
J45 Rx post (D)	0.00	±0.16	-0.47 a +0.44		
SD=desviación estándar; D= dioptrías					

DISCUSIÓN

Uno de los objetivos principales de la implantación de LIOM es proporcionar a los pacientes la independencia total del uso de gafas para cualquier distancia. La elección adecuada de la LIOM es fundamental para conseguir unos resultados satisfactorios, pero en ocasiones la aparición de un error refractivo residual hace que el paciente presente quejas visuales. En algunos estudios se utiliza el equivalente esférico (M) para caracterizar este error refractivo^{33,34}. Sin embargo, este análisis es incompleto, ya que estamos dejando al margen dos componentes de la refracción residual como son el astigmatismo y su eje. En el presente estudio se pretendió precisamente valorar este componente cilíndrico, a partir de la comparación del mismo antes y después de la implantación de una lente intraocular trifocal y de la valoración del astigmatismo residual tras esta intervención.

Todos los pacientes fueron implantados con lente trifocal PanOptix™. Esta lente combina un diseño difractivo no apodizado en la zona central con una zona más externa refractiva, gracias al cual resulta en poca incidencia de destellos y halos. Para la fijación de la lente, esta presenta dos hápticos con diseño STABLEFORCE® en L-Modificada y una angulación de 0° que, según datos del fabricante, proporciona una rotación mínima a los 6 meses tras la cirugía. Tanto la inclinación (*tilt*), como el descentramiento de una lente intraocular provocan un efecto

negativo en el rendimiento óptico y visual del paciente, siendo este hecho más evidente cuando nos referimos a lentes intraoculares tóricas o multifocales³⁵.

La agudeza visual (AV) media conseguida tras la implantación de la lente trifocal PanOptix™ (Tabla 4) en visión lejana sin compensación óptica fue 0.05 ± 0.06 LogMAR, siendo en visión próxima 0.11 ± 0.06 LogMAR (binocular), mientras que con la compensación óptica el valor medio de AV en visión lejana aumentó hasta 0.00 ± 0.03 LogMAR y en visión próxima hasta 0.09 ± 0.04 LogMAR. La visión próxima fue evaluada binocularmente para valorar el impacto de la lente multifocal en una situación más similar a la vida diaria como puede ser durante la lectura. Los buenos resultados visuales se corresponden con un reducido error refractivo postoperatorio (Tabla 3), siendo el valor medio de esfera $+0.14 \pm 0.29$ D y de cilindro -0.42 ± 0.27 D y a un correcto centrado e inclinación de la lente intraocular.

Cuando comparamos las queratometrías obtenidas con el biómetro iol Master y el topógrafo Atlas, obtenemos una diferencia estadísticamente significativa entre instrumentos en las K curvas (Ks) preoperatorias (Tabla 5) y post operatorias (Tabla 6), en ambos casos $p < 0.001$. Esto nos indica que las queratometrías de una misma persona (y por tanto los astigmatismos), medidos por un instrumento u otro difieren, no son iguales estadísticamente, aunque estos cambios según nuestros resultados son muy pequeños y clínicamente no significativos. Así, si se considera que por cada 0.05 mm de diferencia entre los dos meridianos principales corneales, se corresponde aproximadamente con 0.25D de cilindro, nuestros resultados muestran una diferencia entre Ks preoperatorias ≤ 0.28 D y entre Ks postoperatorias ≤ 0.21 D entre los dos instrumentos.

Por su parte, cuando comparamos las queratometrías pre-post quirúrgicas de cada instrumento por separado (Tabla 7), obtenemos una diferencia estadísticamente significativa entre los valores pre y post de las K planas (kf) medidas con el biómetro iol Master ($p = 0.027$). Esto a su vez nos genera cambios en el astigmatismo pre-post obtenido con este instrumento. Por el contrario, los mismos parámetros medidos con el Topógrafo Atlas, no revelan diferencias estadísticamente significativas. En la actualidad los datos topográficos utilizados en las fórmulas para el cálculo de la potencia de las LIO son los obtenidos con biómetro, pero se podría considerar entrar en estas fórmulas de cálculo el valor hallado con un topógrafo de disco de Placido, como es el caso del topógrafo Atlas, por ser según nuestros resultados unos valores menos discrepantes, aunque para poder hacer esta afirmación se necesitaría una muestra más grande que confirmara estos resultados. Según Gupta et al³⁶, sin embargo, la evaluación de la queratometría corneal por parte del biómetro proporciona resultados más fiables a los proporcionados por topógrafos de disco de Placido. Por otro lado, como hemos visto, las diferencias entre instrumentos no son clínicamente significativas, por lo que los resultados usando un instrumento u otro son muy similares. Desde otra perspectiva, también hemos utilizado la descomposición del cilindro de estos dos instrumentos en sus componentes vectoriales (J0 y J45), sin obtener en su análisis estadístico diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

También se ha comparado el estado refractivo del paciente en el plano corneal antes y después de la cirugía (Tabla 3), en sus componentes vectoriales (M, J0, J45), sin revelar diferencias notables entre ellos. Según nuestros resultados, se ha obtenido el valor cilíndrico

esperado, es decir, el astigmatismo no ha sufrido variaciones durante la intervención, manteniéndose en unos valores similares a los preoperatorios. Estos resultados ponen de manifiesto que las incisiones en la cirugía de cataratas fueron anastigmáticas y que la LIOM no alteró el componente cilíndrico. Si nos fijamos en el componente vectorial M, sí esperamos una diferencia clara entre pre y post cirugía, pero el análisis no muestra diferencia estadística ($P=0.097$), aunque se intuye que el valor p es bastante menor que en el caso de las componentes cilíndricas ($J0\ p=0.967$, $J45\ p=0.835$). Se puede avanzar que este hallazgo posiblemente sea debido al tamaño de la muestra y a una cierta dispersión en los valores de refracción esférica, que cabe especular se verían compensados de contar con una muestra mayor.

Al pasar la refracción a sus componentes vectoriales y hacer lo mismo con los astigmatismos queratométricos del topógrafo Atlas y biómetro iol Master, es factible compararlos una vez realizada la intervención (**Tabla 8**). En este caso, se observa diferencias entre el astigmatismo corneal y el refractivo en su componente vectorial $J0$, es decir, tenemos una parte del astigmatismo refractivo distinto al corneal, aunque en nuestro caso estos resultados no son clínicamente significativos.

Las distintas razones por las que podemos encontrar un astigmatismo residual que no coincida con el astigmatismo esperado después de la cirugía no son siempre predecibles, pero existen diversas causas que pueden intentar explicarlo, como el efecto y posición de la incisión, la potencia de la LIO, la colocación e inclinación de la LIO (*tilt*) y cambios en la percepción subjetiva del astigmatismo neutralizado por parte del paciente³⁷. Otra de las causas que podría explicar la variación del astigmatismo tras la cirugía podría deberse a la potencia de la cara posterior de la córnea, que en este estudio no ha sido analizada, ya que tanto el topógrafo Atlas como el biómetro iol Master analizan únicamente la queratometría de la cara anterior de la córnea. Actualmente los topógrafos de doble cara van dirigidos a minimizar estas sorpresas refractivas. Según Reitblat et al³⁸, el astigmatismo residual tras implantación de LIO, puede ser reducido con la consideración apropiada del astigmatismo de la cara posterior de la córnea, mientras que otros autores^{39,40,41} sugieren que los métodos para el cálculo de lente intraocular con métodos de topografía de doble cara o sólo de cara anterior son parecidos y no mejores, no produciéndose diferencias clínicamente significativas. Hay que tener en cuenta, además, que la diferencia entre los índices de refracción de córnea y humor acuoso es relativamente pequeña en comparación con la existente en la interfase aire-córnea, por lo que se estima que el efecto dióptrico de la cara posterior es poco relevante.

Por otra parte, también es interesante conocer los cambios que se producen en la córnea con la edad. Según Shao et al⁴², estos cambios derivan hacia ATR (en contra de la regla) en la cara anterior de la córnea. Las razones por las que existe una dependencia entre la edad y el cambio en el eje del astigmatismo permanecen poco claras. Diferentes estudios consideran que estos cambios son debidos a la reducción tensional del párpado superior^{43,44} y a los posibles cambios en la estructura corneal^{45,46}. Los efectos que provocan estos cambios sobre el astigmatismo corneal, y en consecuencia al refractivo, pueden llegar a afectar a la percepción visual del paciente. Según Vinas et al¹⁴, la inducción de astigmatismo es más perjudicial para la visión en pacientes que anteriormente no eran astigmáticos, en cuyo caso, un astigmatismo oblicuo provocará una disminución más pronunciada de la agudeza visual

(AV). Además, un astigmatismo ATR provocará una disminución de la AV mayor que un astigmatismo WTR (a favor de la regla). Por otro lado, un paciente previamente astigmático, tendrá una disminución mayor de la AV cuando el astigmatismo residual sea contrario a su eje natural. Estas percepciones por parte del paciente son las que, en ocasiones, con un astigmatismo residual de bajo valor, provocan una disconformidad visual al paciente, mientras que en otros casos, astigmatismos de mayor valor no producen quejas visuales significativas. Esto nos muestra la importancia que tienen los cambios en el astigmatismo postoperatorios, ya sea por un aumento en su proporción o una modificación en su orientación, por lo que cuando nos encontramos con un astigmatismo de bajo valor, como en el caso de este estudio, donde el componente cilíndrico fue $\leq 1.00D$, es crítico que este no sufra alteraciones que nos lleven a estas situaciones.

Es interesante comentar que a resultados de este desplazamiento fisiológico del astigmatismo total de la córnea hacia ATR puede aconsejar al cirujano que mantenga una cierta cantidad de astigmatismo WTR para contrarrestar estos cambios⁴². Sin embargo, aún es necesaria una mejor optimización de este astigmatismo retenido, por lo que es importante que antes de la intervención de cataratas se tengan en consideración estos aspectos.

Las limitaciones de este estudio incluyen un número relativamente bajo de pacientes y el hecho de no tener datos sobre la potencia y toricidad de la cara posterior de la córnea de los pacientes, que habrían permitido una exploración más profunda de los distintos componentes astigmáticos. Además, la toma de AV se realizó en notación decimal para posteriormente convertirla a notación LogMAR para su análisis estadístico, en lugar de mediarla directamente en escala logMAR. Finalmente, la recopilación de datos de AV en visión próxima se realizó sólo de forma binocular. En futuros estudios sería interesante la comparación de los resultados obtenidos con la lente intraocular PanOptix™ con los de otras lentes similares, obteniendo medidas también monoculares en visión próxima e intermedia para facilitar la comparación con otros estudios previos y valorar la eficacia óptica de cada diseño de lente en función de la distancia de observación.

CONCLUSIONES

El astigmatismo residual obtenido tras la implantación de lentes intraoculares trifocales PanOptix™ fue el esperado tras la intervención, no se reportaron alteraciones corneales, ni internas que provocaran modificaciones en los astigmatismos clínicamente significativas a corto plazo. El valor medio del astigmatismo preoperatorio fue $-0.42 \pm 0.33D$ y el valor medio postoperatorio fue $-0.42 \pm 0.28D$, con lo que podemos concluir que las incisiones practicadas durante las intervenciones fueron anastigmáticas y la implantación de la LIOM no provocó cambios relevantes en el astigmatismo residual refractivo. No se detectaron diferencias clínicamente significativas entre las mediciones realizadas entre el topógrafo Atlas y el biómetro iol Master. Las AV registradas postoperatorias sin corrección en visión lejana fueron de media 0.05 ± 0.06 y con corrección 0.00 ± 0.03 . Estos resultados visuales confirman el pequeño residual refractivo tanto esférico como astigmático y su leve afectación sobre la capacidad visual de los pacientes.

Los resultados del presente estudio pueden ser de utilidad para los profesionales de la salud visual y ocular en el momento de valorar la implantación de una lente trifocal y de seleccionar el diseño más adecuado para cada paciente.

Agradecimientos

Me gustaría dar las gracias a Genís Cardona, por tutorizar y guiar este trabajo dejándome la libertad suficiente para explorar y desarrollar este proyecto. Agradecerle su paciencia, disponibilidad y todo el tiempo que ha dedicado para que este estudio saliera adelante.

También me gustaría agradecer a la clínica Oftalmoplus la oportunidad de realizar este proyecto en sus instalaciones con total libertad y a su director médico Joaquim Cabot por su disposición incondicional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Morris D, Fraser SG, Gray C. Cataract surgery and quality of life implications. *Clin Interv Aging*. 2007;2(1):105-8.
2. Caglar C, Batur M, Eser E, Demir H, Yaşar T. The stabilization time of ocular measurements after cataract surgery. *Semin Ophthalmol*. 2017;32(4):412-7.
3. Monaco G, Gari M, Di Censo F, Poscia A, Ruggi G, Scialdone A. Visual performance after bilateral implantation of 2 new presbyopia-correcting intraocular lenses: Trifocal versus extended range of vision. *J Cataract Refract Surg*. 2017;43(6):737-47.
4. Shen Z, Lin Y, Zhu Y, Liu X, Yan J, Yao K. Clinical comparison of patient outcomes following implantation of trifocal or bifocal intraocular lenses: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2017; 28(7):45337.
5. Alio JL, Plaza-Puche AB, Fernández-Buenaga R, Pikkel J, Maldonado M. Multifocal intraocular lenses: An overview. *Surv Ophthalmol*. 2017;62(5):611-34.
6. Visser N, Bauer NJ, Nuijts RM. Toric intraocular lenses: historical overview, patient selection, IOL calculation, surgical techniques, clinical outcomes, and complications. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(4):624-37.
7. Shimizu K, Misawa A, Suzuki Y. Toric intraocular lenses: correcting astigmatism while controlling axis shift. *J Cataract Refract Surg*. 1994;20(5):523-6.
8. Horn JD. Status of toric intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol*. 2007;18(1):58-61.
9. Kim MJ, Yoo YS, Joo CK, Yoon G. Evaluation of optical performance of 4 aspheric toric intraocular lenses using an optical bench system: Influence of pupil size, decentration, and rotation. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(10):2274-82.
10. Mohammadi M, Naderan M, Pahlevani R, Jahanrad A. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. *Int Ophthalmol*. 2016;36(6):807-17.
11. Ferrer T, Montés R, Peixoto S, González J, Cerviño A. Prevalence of cornea astigmatism before cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35:70-5.
12. Abdelghany AA, Alio JL. Surgical options for correction of refractive error following cataract surgery. *Eye Vis (Lond)*. 2014 16;1:2.
13. Buckhurst PJ, Wolffsohn JS, Davies LN, Naroo SA. Surgical correction of astigmatism during cataract surgery. *Clin Exp Optom*. 2010;93(6):409-18.
14. Vinas M, de Gracia P, Dorronsoro C, Sawides L, Marin G, Hernández M, Marcos S. Astigmatism impact on visual performance: meridional and adaptational effects. *Optom Vis Sci*. 2013;90(12):1430-42.
15. García JL, Gros J, Sánchez C, Blázquez V, Contreras I. Short term visual outcomes of a new trifocal intraocular lens. *BMC Ophthalmol*. 2017 17;17(1):72.
16. Kohnen T. First implantation of a diffractive quadrafocal (trifocal) intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(10):2330-2.
17. Plaza AB, Alió JL, MacRae S, Zheleznyak L, Sala E, Yoon G. Correlating optical bench performance with clinical defocus curves in varifocal and trifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*. 2015;31(5):300-7.
18. Lee S, Choi M, Xu Z, Zhao Z, Alexander E, Liu Y. Optical bench performance of a novel trifocal intraocular lens compared with a multifocal intraocular lens. *Clin Ophthalmol*. 2016 2;10:1031-8.

19. Margrain TH, Boulton M, Marshall J, Sliney DH. Do blue light filters confer protection against age-related macular degeneration? *Prog Retin Eye Res.* 2004;23(5):523-31.
20. Laube T, Apel H, Koch HR. Ultraviolet radiation absorption of intraocular lenses. *Ophthalmology.* 2004;111(5):880-5.
21. Brockmann C, Schulz M, Laube T. Transmittance characteristics of ultraviolet and blue-light-filtering intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(7):1161-6.
22. Kocak N, Kaynak S, Ilknur T, Ozkan S, Erdogan G, Cingil G. Effect of ultraviolet B radiation on the absorption characteristics of various intraocular lenses. *Ophthalmology.* 2007;221(1):29-35.
23. Carson D, Xu Z, Alexander E, Choi M, Zhao Z, Hong X. Optical bench performance of 3 trifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42(9):1361-7.
24. Madrid D, Ruiz J, Ferrer T, García S, Montés R. Optical quality differences between three multifocal intraocular lenses: bifocal low add, bifocal moderate add, and trifocal. *J Refract Surg.* 2013;29(11):749-54.
25. Kohnen T, Allen D, Boureau C, Dublneau P, Hartmann C, Mehdorn E, Rozot P, Tassinari G. European multicenter study of the AcrySof ReSTOR apodized diffractive intraocular lens. *Ophthalmology.* 2006;113(4):584.e.1.
26. Kohnen T, Klaproth O. Three-year stability of an angle-supported foldable hydrophobic acrylic phakic intraocular lens evaluated by Scheimpflug photography. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(7):1120-6.
27. Jin C, Chen X, Law A, Kang Y, Wang X, Xu W, Yao K. Different-sized incisions for phacoemulsification in age-related cataract. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017 20;9:CD010510
28. Ang M, Evans JR, Mehta JS. Manual small incision cataract surgery (MSICS) with posterior chamber intraocular lens versus extracapsular cataract extraction (ECCE) with posterior chamber intraocular lens for age-related cataract. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;(11):CD008811.
29. Holladay J, Moran J, Kezirian G. Analysis of aggregate surgically induced refractive change, prediction error, and intraocular astigmatism. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(1):61-79.
30. Holladay J, Dudeja D, Koch D. Evaluating and reporting astigmatism for individual and aggregate data. *J Cataract Refract Surg.* 1998;24(1):57-65.
31. Thibos L, Horner D. Power vector analysis of the optical outcome of refractive surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(1):80-5.
32. Schuster A, Pfeiffer N, Schulz A, Hoehn R, Ponto K, Wild P, Blettner M, Beutel M, Lackner K, Münzel T, Mirshahi A. Refractive, corneal, and ocular residual astigmatism: distribution in a German population and age dependency-the Gutenberg Health Study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2017;255(12):2493-501.
33. Wong T, Foster P, Hee J, Ng T, Tielsch J, Chew S, Johnson G, Seah S. Prevalence and risk factors for refractive errors in adult Chinese in Singapore. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2000;41(9):2486-94.
34. Terry M, Ousley P. In pursuit of emmetropia: spherical equivalent refraction results with deep lamellar endothelial keratoplasty (DLEK). *Cornea.* 2003;22(7):619-26.

35. Montés R, López N, Pérez C, Bonaque S, Ferrer T. In vitro optical performance of nonrotational symmetric and refractive-diffractive aspheric multifocal intraocular lenses: impact of tilt and decentration. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(9):1657-63.
36. Gupta P, Caty J. Astigmatism evaluation prior to cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*. 2018 Jan;29(1):9-13.
37. Alpíns N, Ong J, Stamatelatos G. Refractive surprise after toric intraocular lens implantation: graph analysis. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(2):283-94.
38. Reitblat O, Levy A, Kleinmann G, Abulafia A, Assia E. Effect of posterior corneal astigmatism on power calculation and alignment of toric intraocular lenses: Comparison of methodologies. *J Cataract Refract Surg*. 2016;42(2):217-25.
39. Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer K. Accuracy of a dual Scheimpflug analyzer and a corneal topography system for intraocular lens power calculation in unoperated eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(1):72-6.
40. Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer K. Comparison of methods to measure corneal power for intraocular lens power calculation using a rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(4):598-604.
41. Karunaratne N. Comparison of the Pentacam equivalent keratometry reading and IOL Master keratometry measurement in intraocular lens power calculations. *Clin Exp Ophthalmol*. 2013;41(9):825-34.
42. Shao X, Zhou K, Pan A, Cheng X, Cai H, Huang J, Yu A. Age-related changes in corneal astigmatism. *J Refract Surg*. 2017;33(10):696-703.
43. Vihlen F, Wilson G. The relation between eyelid tension, corneal toricity, and age. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1983;24(10):1367-73.
44. Van den Bosch W, Leenders I, Mulder P. Topographic anatomy of the eyelids, and the effects of sex and age. *Br J Ophthalmol*. 1999;83(3):347-52.
45. Collier O, Annoh R, Nanavaty M. Relationship between age, corneal astigmatism, and ocular dimensions with reference to astigmatism in eyes undergoing routine cataract surgery. *Eye (Lond)*. 2016;30(4):562-9.
46. Hayashi K, Hayashi H, Hayashi F. Topographic analysis of the changes in corneal shape due to aging. *Cornea*. 1995;14(5):527-32.